

# 過去に獲得した環境情報を用いた 不整地移動ロボットのための自己位置推定

岡山大学 石田 宏, 山中 郷司, 永谷 圭司, 五福 明夫

## Position Estimation for Mobile Robot on Terrain Using Previous Information of Environment

Hiroshi ISHIDA, Satoshi YAMANAKA, Keiji NAGATANI, Akio GOFUKU, Okayama University

**Abstract:** To constitute a robot which explores inside buildings leveled by an earthquake, it is important to get environment information that requires localization. To localize the robot, we use 3-D map by laser range finder, and estimate its location by using correlation technique. In this paper, we introduce this method and a brief of our acquired project.

### 1 はじめに

1995年の阪神大震災, 米オクラホマシティ連邦ビル爆破テロ以降, 防災やレスキューに関する研究が多く行われるようになった。ロボットの分野でも, 例えば, 2001年にアメリカ合州国で起こった同時多発テロにおいて救助ロボットが利用されるなど, 様々な研究が行われている<sup>1)</sup>。このような背景の下, 筆者らの研究室でもレスキューロボットの研究開発を行うこととした。

さて, 倒壊現場でレスキュー活動を行っているレスキュー犬トレーナーの話によると, 建物の倒壊現場で行方不明者を捜索や環境の調査を行う場合, 倒壊によって生じた高さ及び幅数十センチメートル程度の側溝を抜け, その先の空間を調査する必要があるそうである。このような環境下において, 移動ロボットを用いて被災者の捜索を行うためには, 不整地での移動, ロボットの自己位置認識, 人体の検知, 環境情報の構築とオペレータへの提示が必要である。本研究では, この中でも, 特に, (1) 自己位置推定手法, (2) 環境情報提示手法に焦点を当てて研究を行う。

自己位置推定手法では「構築した3次元環境情報と, 新たに獲得したセンサ情報を比較し, 相関演算を行い, 現在位置を推定する」という手法を用いる。一方, 環境提示手法としては, 距離センサで距離情報を獲得すると同時に, 視覚センサで画像情報獲得し, この画像を距離センサによって得られた3次元環境地図に付加することによって, オペレータにとってわかりやすい形で行うことを予定している。

本稿では, 移動ロボットによる環境地図の作成手法と自己位置の推定手法, 及び今後の研究計画についての報告を行う。

### 2 環境地図の作成

#### 2.1 3次元環境情報の獲得手法

本研究で用いる距離センサは, レーザレンジファインダを想定し, 前方の半円状のフィールドにある物体までの距

離を計測するものとした。この距離センサをチルト回転させて計測することによって, 3次元距離データを獲得するものとした (Fig.1)。

#### 2.2 エレベーションマップ

距離センサと傾斜センサの情報を基に構築する環境地図には, Elevation Map(EM)を用いることとした。これは, 水平面で一様に分割した格子上に高さ情報を登録したものである。このEMでは, 一つの格子には一つのデータしか登録されないため, 環境地図をBoxel(体積画素)などを用いて表現するのに比べて, 相関演算の計算コストを減らすことが可能である。

本研究では, 閉空間の環境を探索することを目的としているため, 吉光らが行っているような地面のみのEM<sup>2)</sup>では, 環境を表現するのに不十分である。そこで, ロボットの上下方向および梁のようなものを表現するために前方のEMを作成することで閉空間の環境を表現することとした。

#### 2.3 EMの作成手法

座標軸は, 距離センサ正面方向を $y$ 軸, チルト回転の回転軸を $x$ 軸方向とし, 距離センサをチルト回転させる回転軸中心を原点とした。まず距離センサを用いて, 物体の3次元の位置情報 $(x, y, z)$ を取得する。次に, 検知された物体とセンサを直線で結んだ線分上を自由空間 $(x_s, y_s, z_s)$ と定義し, 媒介変数 $t$ を用いて式(1)より取得する。

$$\begin{aligned} [x_s, y_s, z_s]^T &= (1-t)[x_o, y_o, z_o]^T + t[x, y, z]^T \\ (0 \leq t < 1) \end{aligned} \quad (1)$$

ここで,  $(x_o, y_o, z_o)$  はセンサの位置を表す。

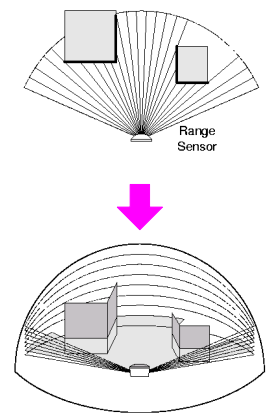


Fig. 1: 3-D data of acquisition environment



Fig. 2: Sensing environment

次に、距離センサに対して上方向、下方向、そして前方向に格子を用意する。それぞれの物体の位置  $(x, y, z)$  について、センサより高い位置にあれば上方向に、センサより低い位置にあれば下方向に自由空間  $(x_s, y_s, z_s)$  が存在するかどうか検索する。もし自由空間が存在しなければ、その位置は天井または地面とみなせるため、 $(x, y, z)$  は上または下方向の格子に高さ情報として登録する。自由空間が存在すれば前方の格子に物体までの距離情報として登録する。

### 3 自己位置推定

#### 3.1 自己位置推定手法

本研究では、未知環境を対象とするため自己位置推定は、既に探索した環境(グローバルマップ)に対するロボットの位置を推定するものとする。まず、2.3節に示した手法により、センサを中心としたローカルマップを作成する。次に、前方のEMについて、ローカルマップとグローバルマップとの正規化相関を用いたマッチングを行う。これにより、 $x$ 方向と $z$ 方向の移動量が求められる。 $y$ 方向の移動量はEMを用いた手法では求まらないため、ローカルマップとグローバルマップを重ね合わせたときのデータの偏差により求める。最後に、得られたローカルマップをグローバルマップと統合することで、グローバルマップを更新する。これを繰り返すことでグローバルマップの拡張を行う。

#### 3.2 予備実験

光電距離センサ(北陽電機製 PB9-12)を用いて、EMの作成および自己位置推定の予備実験を行った。環境は岡山大学自然科学研究科棟7階707内とした(Fig.2)。まず、適当な位置におけるEM(格子の大きさ $0.1\text{m} \times 0.1\text{m}$ )を作成した。次に、この位置を初期位置として、 $x$ 方向に $0.60\text{m}$ 、 $y$ 方向に $0.30\text{m}$ 、 $z$ 方向に $0.2\text{m}$ 移動した位置でのEMを作成した。これら2つのEMに対して正規化相関を用いたマッチングを行い、移動後の位置を推定できるかどうかを確認することが本実験の目的である。ただし、今回の実験では、チルト回転角は分度器で目測し、姿勢のずれはないものとした。

#### 3.3 結果と考察

初期位置および、移動した後のEMをFig.3に示す。相関係数の最大値から求めた移動量は、 $x$ 方向に7グリッド

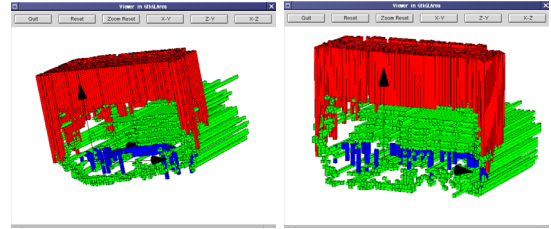


Fig. 3: EM at two positions

( $0.7 \sim 0.8\text{m}$ )、 $z$ 方向に-2グリッドと( $-0.3 \sim -0.2\text{m}$ )なった。センサの精度を考慮すれば、 $x$ 方向については妥当な値が得られたが、 $z$ 方向には大きな誤差が出た。これは、PB9が光電センサであるため、傾けて測定した場合に、誤差が $10\text{cm}$ 以上出てしまい、障害物と空間の情報が正確に格子に登録されないためと考えられる。

## 4 まとめと今後の課題

本稿では、不整地における3次元環境地図を構築するために用いるEMの作成手法と、環境地図中での自己位置推定手法について述べた。また、予備実験より、3方向からのEMによって閉空間の環境を表現することが可能であることを確認したが、正規化相関を用いたマッチングによる自己位置推定については課題を残している。

距離センサの精度を向上させることで、位置推定精度が向上すると期待できるため、今後、新たに距離センサとしてSICK社製レーザレンジファインダLMS200を利用する予定である。また、距離センサの姿勢を測定する傾斜センサ、ロボットの姿勢を推定するためのジャイロセンサの情報を利用する予定である。これらのセンサを不整地走行を可能とするクローラによる移動機構台車およびチルト回転と上下にリフトする機構を持つセンサ台上に統合することで、より精度の高い自己位置推定を行い、不整地における環境探索を実現することが今後の課題である。

### 謝辞

本研究は、文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクトにおける助成金により実施された。

### 参考文献

- [1] Robin R. Murphy, Michelle Ausmus, Magda Bugajska, Tanya Ellis, Tonia Johnson, Nia Kelley, Jodi Kiefer, Lisa Pollock: Marsupial-like Mobile Robot Societies, Proceedings of the Third International Conference on Autonomous Agents, 364/365(1999)
- [2] 吉光 徹雄, 久保田 孝, 中谷 一郎: エレベーションマップに基づく不整地における移動探査ロボットの経路計画, 日本ロボット学会誌, 18, 7, 1019/1025(2000)